

中国绿色住宅时空分异特征及其对策研究

尹静¹ 孙艺文¹ 姜永生²¹

(1. 北京建筑大学 机电与车辆工程学院, 北京 102600;

2. 山东建筑大学 管理工程学院, 山东 济南 250100)

【摘要】: 通过差异、空间分布特征分析绿色住宅时空分异, 利用分位数回归进行针对性对策研究。结果表明: 中国绿色住宅发展增速加快, 不同地区发展差异明显, 但有均衡趋势; 四大区域间及内部差距表现出“先增后减”的趋势, 东部地区内部差距高于中西部与东北部地区; 绿色住宅的重心、分布范围、分布方向、分布形态特征不断变化; 经济发展水平处于不同的分位点上均对绿色住宅发展呈显著正向影响; 引导性政策对低分位点绿色住宅发展具有显著正向影响; 工资水平、环境质量和高等院校数量对高分位点绿色住宅发展具有显著正向影响; 城镇化率对绿色住宅发展在不同分位点的影响作用不一致。最后, 针对绿色住宅发展水平不同的地区, 从经济、政策、环境和文化因素等方面提出改进建议。

【关键词】: 绿色住宅 时空分异 分位数回归 驱动对策

【中图分类号】: F062.2 **【文献标识码】:** A **【文章编号】:** 1671-4407(2021)10-108-07

党的十九大将绿色发展正式确定为我国长远发展目标, 这是我国推进生态文明建设、建设美丽中国的必然举措^[1]。我国绿色建筑发展相对缓慢, 且发展不平衡^[2]。作为新型建筑, 绿色建筑由于投资回收期长、市场开发环境不成熟、消费者认知程度不够, 短期内不易被大众接受^[3]。而绿色住宅作为绿色建筑重要的组成部分, 更是与人类生活密切相关。因此, 探究我国不同区域绿色住宅时空发展的均衡性, 开展有针对性的对策研究, 对绿色住宅的发展具有重要意义。

对于绿色建筑地区差异性的研究, 已进行了从空间不均匀现象^[4]到对绿色建筑的分异程度、聚集程度两个方面的分析, 从而了解绿色建筑发展扩散程度^[5]。我国的绿色建筑发展区域差异显著, 且扩散效应明显^[5]。国内外学者对于绿色住宅驱动因素的研究也十分丰富, 常见的研究方法多为利用最小二乘法和系统动力学来对各因素进行定量研究。总体来说, 大多数研究认为经济、公共政策^[6]、人均收入、房地产状况^[7]、教育水平^[8]、能源利用效率^[9]、完善的评价体系^[10]是影响绿色住宅发展的主要驱动因素。但在现有研究中, 学者们更多关注绿色住宅分布的差异特征和影响绿色住宅发展水平的驱动因素, 有少量研究从绿色住宅空间分异现象入手, 利用分位数回归方法反映出驱动因素对绿色住宅总量水平在不同分位点的影响方向及影响程度, 并针对不同区域提出有针对性的改进对策。另外, 较少有研究关注城镇化率对绿色住宅空间分异的驱动影响。

本文收集了 2008—2016 年 31 个省份(港澳台地区除外)的绿色住宅项目数据, 从空间差异和空间分布两方面入手, 利用区域差异指数(差异系数、基尼系数、泰尔指数、区位熵)和标准差椭圆进行绿色住宅发展的差异度评估。针对绿色住宅发展水平不同的地区, 建立经济基础、政策规制环境、文化教育水平和生态文明四个指标体系, 利用分位数回归模型探析各驱动因素在不同分位点对绿色住宅发展水平的影响, 从经济、政策、环境和文化因素等方面对不同地区分别提出改进建议。

作者简介: 尹静, 博士, 副教授, 研究方向为复杂系统建模与绿色经济。E-mail: yinjing@bucea.edu.cn

基金项目: 北京市社会科学基金规划项目“基于群体智能的北京城市副中心人水和谐度研究”(19GLB011)

1 指标和方法

1.1 研究指标

自 2008 年以来,中国住房和城乡建设部组织了绿色建筑标签项目评估。截至 2016 年年底,有 7235 个项目获得了绿色建筑评估标签,建筑面积超过 8 亿平方米。本研究采用 2008—2016 年在中国(不包括香港、澳门和台湾地区)获得绿色住宅标签的项目作为研究对象。一些关于绿色住宅的定量研究选择了绿色住宅的数量作为统计分析对象,但不能排除当地建筑业规模对绿色住宅的影响。因此,该研究计算了每个省份的绿色住宅标签项目面积与新建建筑面积的比率,以代表每年的绿色住宅发展水平。各省份绿色住宅建筑面积的原始数据来源于绿色建筑评价标识网和住房和城乡建设部的公告,绿色住宅驱动因素的原始数据均来源于《中国统计年鉴》。本文中除特别说明外,所有图表中的绿色住宅项目数据均来自《中国统计年鉴》,并由笔者自绘。

1.2 研究方法

1.2.1 区域差异指数

(1) 变异系数可以衡量不同省份间绿色住宅数量的差异和离散程度。变异系数越大,说明离散程度越高。变异系数计算方法如下:

$$CV=SD/M(1)$$

式中:SD 为标准差,M 为平均数。

(2) 绿色住宅开发基尼系数计算公式如下:

$$G=\sqrt{\sum_{i=1}^n(S_i-X_i)^2} \quad (2)$$

式中:G 为某年全国绿色建筑开发整体均衡度,S 为某省份绿色住宅建筑面积占全省绿色住宅建筑面积的比重;X 为某省份固定资产施工面积占全国固定资产施工面积的比重,由此计算出全国相对于固定资产施工面积的绿色住宅规模的整体均衡程度。通常来说,0.05 以下为非均衡性不大,0.05~0.08 为非均衡性居中,0.08 以上为非均衡性大。

(3) 各地绿色建筑发展相对聚集度测度用区位熵的计算方法来衡量。计算公式如下:

$$Q=S/P \quad (3)$$

式中:Q 为研究区域(本文分为省级和地市级两个层次)绿色建筑开发区位熵,S 和 P 分别为该区域绿色建筑和固定资产新开工项目建筑面积占全国的比重。

(4) Theil 指数作为区域经济学的指标,可以衡量全国或地区绿色住宅发展规模的离散程度。Theil 指数表达式如下(分解法):

$$T = T_b + T_w = \sum_{k=1}^k y_k \log \frac{y_k}{\frac{n_k}{n}} + \sum_{k=1}^k y_k \left(\sum_{i \in g_k} \frac{y_i}{y_k} \log \frac{y_i / y_k}{1 / n_k} \right) \quad (4)$$

式中： T_b 和 T_w 分别为群组间差距和群组内差距，包含 n 个个体的样本被分为 k 个群组，每组分别有 g_k ， k 组 g_k 中的个体数目为 n_k ， y_i 和 y_k 代表 i 省份的绿色住宅数量和总数量。

1.2.2 标准差椭圆

标准差椭圆最早是由美国南加州大学社会学教授 Lefever^[11] 提出，可识别一组数据的方向以及分布的趋势。其生成算法包括以下几个公式：

(1) 椭圆的圆心计算公式：

$$SDE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}{n}} \quad (5)$$

$$SDE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{Y})^2}{n}} \quad (6)$$

式中： SDE_x 、 SDE_y 代表椭圆圆心， x_i 和 y_i 代表每个省份的位置坐标， $\bar{X}$ 和 $\bar{Y}$ 代表平均中心。

(2) 椭圆的旋转角度[以 x 轴为准，正北方(12 点方向)为 0° ，顺时针旋转]计算公式：

$$\tan \theta = \frac{\partial + \beta}{\gamma} \quad (7)$$

$$\partial = \left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \right) \quad (8)$$

$$\beta = \sqrt{\left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i^2 - \sum_{i=1}^n \tilde{y}_i^2 \right) + 4 \left(\sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \right)^2} \quad (9)$$

$$\gamma = 2 \sum_{i=1}^n \tilde{x}_i \tilde{y}_i \quad (10)$$

式中： $\tilde{x}_i$ 和 $\tilde{y}_i$ 是平均中心与 x 、 y 坐标的差。

(3) 椭圆 x 、 y 轴长度计算公式：

$$\sigma_x = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{x}_i \cos \theta - \tilde{y}_i \sin \theta)^2}{n}} \quad (11)$$

$$\sigma_y = \sqrt{2} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\tilde{y}_i \cos \theta + \tilde{x}_i \sin \theta)^2}{n}} \quad (12)$$

1.2.3 分位数回归

分位数回归由 Koenker & Bassett^[12]提出,它是基于被解释变量的条件分布来拟合解释变量的回归方法。Koenker & Bassett^[12]认为,经典的线性回归是因变量与自变量之间的线性关系的拟合,而分位数回归可描述出自变量在不同条件分位点时对因变量的影响。分位数回归模型有四个优势:(1)特别适合于异方差模型;(2)条件分布的描述更为详细,具有进一步的研究意义;(3)在随机扰动非正态分布下,分位数回归相比最小二乘估计更为有效;(4)估计量不易受异常值的影响,具有较强的稳健性。Koenker & Bassett^[12]将分位数回归方法应用到面板数据模型的估计中,提出了面板数据模型分位数回归的估计技术,并从理论上进行了证明。

2 绿色住宅时空分异特征

2.1 绿色住宅的空间分布差异

2.1.1 空间总体差异特征分析

由图 1 和图 2 可知,变异系数和基尼系数均呈先降后升的趋势,总体呈下降趋势,这说明绿色住宅空间分布差异大,但有均衡的发展趋势,各地区绿色住宅发展差距的缩小可能受国家区域性政策的影响,中西部地区绿色住宅发展得到进一步推动。

通过计算 2008—2016 年我国绿色住宅发展的区位熵,分析我国绿色住宅发展的特征。区位熵越大,说明绿色住宅越集中。由图 3 可知,全国绿色住宅发展差异大,有 7 个省份区位熵大于 1,分别是天津、上海、江苏、北京、湖北、陕西和浙江,其中天津、上海、江苏、北京、湖北和陕西大于 2,说明绿色住宅发展水平高。这些地区位于经济良好的华中区域与东部沿海地区,有雄厚的经济基础和政策基础,绿色住宅发展迅速且集中度高。现有 14 个省份绿色住宅区位熵小于 0.5,说明我国有相当数量的地区绿色住宅发展处于较低水平,我国绿色住宅还有相当大的发展空间。

2.1.2 区域分析

为了更好地研究绿色住宅发展的空间特征,将 31 个省份分为东、中、西、东北部四个区域(表 1)。按照绿色住宅区位熵平均值进行梯度划分,将其分为四级:A 为高(区位熵大于 2),B 为较高(区位熵均值在 1~2 之间),C 为一般(区位熵均值在 0.5~1 之间),D 为较低(区位熵均值在 0~0.5 之间)。表 1 显示,第 I 梯度与第 II 梯度的省份主要位于东部地区,东部的河北、福建和山东处于第 III 梯度,海南处于第 IV 梯度。中部地区的湖北处于第 I 梯度,西部地区的陕西处于第 I 梯度,其余省份位于第 III、IV 梯度。通过梯度区域分布特征可知,东中西部地区绿色住宅发展水平存在明显差异,东部地区绿色住宅发展水平明显高于中西部与东北部地区;各区域内部存在集聚与分散现象,中西部与东北部地区各省份绿色住宅发展水平较低;东部地区绿色住宅发展水平普遍较高,但也存在绿色住宅发展水平相对较低的地区。

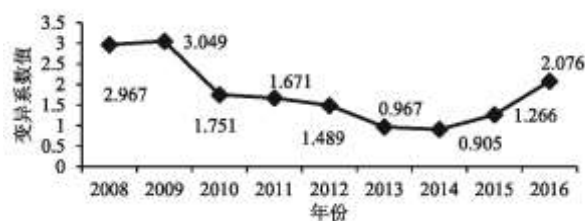


图1 变异系数分布图

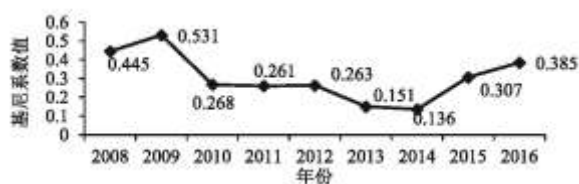


图2 基尼系数分布图

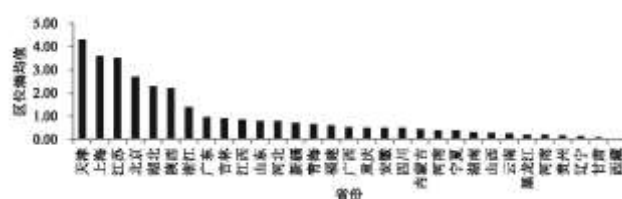


图3 2008—2016年各省份区位熵均值

图4的Theil指数分解结果表明，我国四大区域间及区域内部不均衡度以2015年为界，表现出“先增后减”的趋势。区域间不均衡仍是我国各地区绿色住宅发展差异的主要来源。考察前期组间绿色住宅发展差距不断扩大与各地区异质性发展基础有关，后期差距缩小可能受国家倾斜性区域政策及陕西、湖北等中西部核心省份城市圈带动和各地区对绿色住宅发展积极性提高的影响。受长三角、珠三角和京津地区极化地位的影响，东部地区内部差距较大。中部和西部地区内部差距较小，优化我国绿色住宅发展格局需要中西部的整体崛起。

表1 各省份绿色住宅梯度区域分布

区域	第Ⅰ梯度	第Ⅱ梯度	第Ⅲ梯度	第Ⅳ梯度
东部	北京、天津、上海、江苏	浙江、广东	河北、福建、山东	海南
中部	湖北		江西	山西、安徽、河南、湖南
西部	陕西		内蒙古、青海、新疆	四川、云南、西藏、广西、重庆、贵州、甘肃、宁夏
东北部			吉林、黑龙江	辽宁

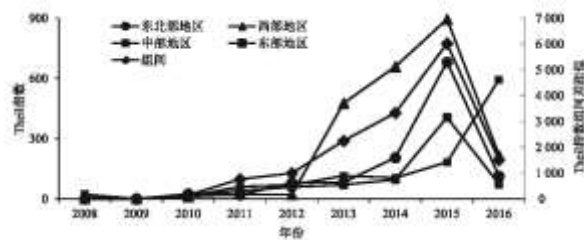


图 4 Theil 指数分解图

2.2 绿色住宅分布特征

我国区域经济发展不均衡是一个长期存在的社会现象，绿色住宅的发展在空间上也存在不均衡的特征。如表 2 所示，从 2010 年、2012 年、2014 年和 2016 年各地区绿色住宅建筑面积占新增建筑面积比例可知，我国绿色住宅发展迅猛，每年新增数量不断攀升，但不同地区发展差距大。2016 年相比 2010 年，核心区域绿色住宅发展水平都有不同程度的提升。此外，陕西、内蒙古、东北地区受西部大开发、东北地区振兴计划等政策的支持，绿色住宅发展潜力巨大。2016 年绿色住宅发展格局呈现从东北向西南递减，这与东西部在经济基础、政策水平、环境质量、教育水平等方面存在的差距有极大关系。西部地区由于城市居民收入较低、经济基础弱等因素，绿色住宅发展较缓慢。

2.2.1 绿色住宅的重心

借助 ArcGIS 工具，本文通过生成标准差椭圆研究绿色住宅的分布特征。绿色住宅的重心分布在河南、安徽、山东和江西之间，2010 年后绿色住宅的重心主要分布在河南和安徽。就重心的轨迹而言，存在着先北移后南移的定律。2008—2010 年，重心首先向东北移动，后向南移动。2010 年以前，中国绿色住宅发展处于初级阶段，绿色住宅集中在北京、上海、江苏和天津几个省份。2011 年，随着东南沿海省份绿色住宅的发展，重心向东南移动。2012 年，北部省份和中西部省份的绿色住宅有了显著发展，重心向北移动。2012—2016 年，重心从北向南移动，其中 2015—2016 年有东移的趋势，这是由于 2016 年东部沿海绿色住宅的快速发展。

2.2.2 绿色住宅的分布范围

利用标准差椭圆面积变化可研究绿色住宅的分布范围，表 3 所示。标准差椭圆面积呈波动增长趋势，由 2008 年的 $75.75 \times 10^6 \text{km}^2$ 增加到 2016 年的 $326.76 \times 10^6 \text{km}^2$ ，空间扩展趋势明显。其中，2013 年增幅最大，相比 2012 年增加了 $146.347 \times 10^6 \text{km}^2$ 。但是 2011 年、2012 年和 2016 年面积略有下降，这表明绿色住宅的范围是不稳定且波动的。2008—2009 年，椭圆覆盖范围主要为东部省份。2010—2012 年，覆盖范围向西转移了很多，覆盖了陕西、四川、贵州和宁夏等西部地区，这是由于 2010 年后中国中西部绿色住宅得到发展所致。2013—2016 年，椭圆的覆盖范围变化不大，并且呈波动性增长。

2.2.3 绿色住宅分布方向

标准差椭圆的旋转角度可用于研究绿色住宅的分布方向。2008—2016 年，椭圆呈东北—西南方向的空间格局，旋转角度先增大后减小。2008—2011 年，旋转角度发生了很大的变化，2008—2009 年，旋转角度从 27.71° 变化到 150.71° ，这是由于东部沿海地区绿色住宅率先发展的结果；2009—2011 年，旋转角度从 150.71° 降到了 27.80° ，这是由于 2010 年开始北京、天津、珠江三角洲和我国中西部地区绿色住宅得到了发展，导致椭圆逆时针旋转。2011—2016 年，旋转角度较为稳定，东北—西南格局得到加强。中国已经形成了以东北—西南方向为中心的空间格局，其中以北京—天津、长江三角洲和珠江三角洲为核心。

表 2 我国 31 个省份绿色住宅空间分布

绿色住宅占比	$\leq 0.98\%$	$0.98\% \sim 3.24\%$	$3.24\% \sim 7.67\%$	$7.67\% \sim 13.71\%$	$> 13.71\%$
2010 年	西藏、黑龙江、辽宁、海南、云南、四川、贵州、宁夏、江西、福建、内蒙古、吉林、甘肃、山西、河北、河南、湖北、重庆、安徽、浙江、湖南、广东、广西、青海、山东、北京、陕西	新疆、天津、江苏	上海		
2012 年	新疆、西藏、黑龙江、辽宁、海南、云南、四川、贵州、宁夏、甘肃、山西、河南、重庆、湖南、青海	内蒙古、陕西、吉林、湖北、安徽、浙江、江西、天津、广东、广西	河北、山东、福建、上海	北京、江苏	
2014 年	新疆、西藏、黑龙江、辽宁、海南	云南、四川、贵州、宁夏、江西、福建	内蒙古、吉林、甘肃、山西、河北、河南、湖北、重庆、安徽、浙江、湖南、广东、广西	青海、山东、天津、江苏	北京、陕西、上海
2016 年	西藏、宁夏	四川、云南、山西、辽宁	内蒙古、黑龙江、甘肃、青海、河北、北京、湖北、河南、湖南、江西、广东、海南	天津、山东、浙江、福建、重庆、贵州、新疆	吉林、陕西、安徽、江苏、广西、上海

2.2.4 绿色住宅的分布形态

本文通过椭圆长轴和短轴标准差的变化分析了中国绿色住宅的分布形状，如表 3 所示。2008—2016 年，短轴标准差与长轴标准差呈波动增长趋势，这表明椭圆的东西方向和南北方向都在扩大。2008—2010 年，短轴标准差不断增大，2010 年标准差为 1163.67km。2010—2012 年，短轴标准差呈减小趋势，2012 年为 597.19km。2012—2016 年，短轴标准差先增大后减小，2013 年增加到了 1036.29km，2016 年减少到了 585.44km。2008—2010 年，长轴标准差先减小后增大。2010—2016 年，长轴标准差趋于稳定，维持在 1100~1300km 之间。结果表明，中国绿色住宅东西向与南北向都有扩张趋势，东西向扩张趋势不明显，南北向扩张趋势明显，椭圆形趋于圆形。可以看出，中国绿色住宅分布的方向性有所减弱，分布范围逐渐扩大。

表 3 2008—2016 年标准差椭圆参数表

年份	标准差椭圆面积	中心点(x 坐标)	中心点(y 坐标)	x 轴标准差	y 轴标准差	方向角度
2008	75.75	1081.14	3142.02	379.58	635.27	27.71°
2009	11.71	1216.10	3925.11	665.62	56.27	150.70°
2010	310.26	730.36	3697.59	1163.67	848.72	108.57°
2011	235.93	953.94	3601.32	605.41	1240.57	27.80°
2012	216.33	1010.62	3745.30	597.19	1153.21	17.76°
2013	362.6867	611.49	3588.95	1036.29	1114.09	25.73°
2014	376.65	647.17	3632.41	1021.25	1174.02	32.99°
2015	376.65	647.17	3632.41	1021.25	1174.02	32.99°
2016	326.75	911.22	3500.22	585.45	1271.63	21.17°

2.3 模型设定与数据

2.3.1 模型设定

针对绿色住宅发展水平不同的地区，为探析各驱动因素在不同分位点对绿色住宅发展水平的影响，建立面板数据模型如下：

$$Num_{it}=c_{it}+\alpha_{it}X_{it}+\varepsilon_{it} \quad (13)$$

式中：i 表示截面个体；t 表示时期；Num 表示绿色住宅发展水平(各地区绿色住宅建筑面积占当地新增建筑面积的比例)；X 表示各驱动因素；c 表示截距项，即本文未列出的其他因素对绿色住宅发展水平的贡献；ε 为误差项；α 的数值表示 GDP 等解释变量的影响系数。

2.3.2 变量说明及描述性统计

结合已有研究，并考虑到数据的可获得性，主要从经济基础、政策规制环境、文化教育水平和生态文明建设四个方面选取影响绿色住宅分布的驱动因素(表 4)。

表 4 绿色住宅驱动因素指标

一级指标	二级指标	符号	变量定义
经济基础	地区生产总值	GDP	地区生产总值
	工资水平	GZ	城镇单位就业人员平均工资
政策规制环境	引导性政策	ZC	绿色建筑行业规范

文化教育水平	大学数量	DX	当地高等院校数量
	城镇化率	CS	城镇人口占年末常住人口的比例
生态文明建设	环境质量	HJ	地区二氧化硫排放量

经济基础选择国内生产总值、城镇单位就业人员平均工资两个指标。地区生产总值(GDP)反映当地经济状况,被认为是绿色住宅背后的主要驱动因素。本文选择 GDP 而不是人均 GDP,原因是人均 GDP 代表经济效率或个人生活水平,而本文试图考察各省份的总体经济状况如何影响绿色住宅的分布特征,且中国的绿色住宅项目在行政层级中以政府为中心,GDP 是一个更合适的解释变量。工资水平会影响人们对一个地区的向往及对绿色住宅的需求程度。由于绿色住宅建造成本高,较高的工资水平和经济实力可加以支撑^[4]。

本文考察政府引导性政策对绿色住宅发展的作用。引导性政策主要是指各省份制定的绿色建筑相关管理办法、评定标准等行业规范,是一种政府层面对绿色住宅的普及引导工作。结合已有研究^[13],以 2010 年为政策分界点更为合适,2008—2009 年的数据设定为 0,2011 年设定为 1。

受过良好教育和环保意识较强的消费者更倾向绿色的生活方式^[8]。拥有较多高等院校的城市在发展绿色住宅的优势较大,当地大学创办情况对绿色住宅发展有一定影响^[9]。本文选用当地高等院校数量分析文化教育对绿色住宅分布特征的影响。

若一个地区能源消耗及环境污染严重,更有可能重视绿色住宅的发展以改善当地环境质量、节约资源。本文选取各省份每年二氧化硫的排放量来分析当地环境质量对绿色住宅发展的影响。

为消除变量的异方差性,本文对除引导性政策以外的所有变量取对数。同时,考虑到宏观经济形势影响,将年份作为控制变量。各变量描述性统计如表 5 所示。为了判断模型是否存在多重共线性问题,表 6 给出了驱动因素相关系数矩阵,表 7 计算各解释变量的方差膨胀因子(VIF)。从表 6、表 7 可知,人均地区生产总值和环境质量之间相关系数与 VIF 值较高,因此模型存在多重共线性问题。但由于人均地区生产总值与环境质量是模型的重要解释变量,所以在对模型进行估计时,不能简单地去掉两个变量,而是要根据估计的检验结果来判断。

表 5 变量描述性统计

变量名	观测数	均值	标准差	偏度	峰度	最小值	最大值
绿色住宅数量	170	0.774	0.526	0.255	2.116	0	2.013
地区生产总值	170	4.671	0.182	0.241	2.309	4.285	5.073
环境质量	170	5.687	0.374	-1.325	5.061	4.229	6.262
工资水平	170	4.703	0.124	0.490	3.842	4.350	5.079
引导性政策	170	0.953	0.212	-4.278	19.3	0	1
大学	170	1.900	0.244	-1.635	5.994	0.954	2.220
城镇化率	170	-0.246	0.094	0.519	2.588	-0.434	-0.048

表 6 驱动因素相关系数矩阵

变量	地区生产总值 (GDP)	环境质量 (HJ)	工资水平 (GZ)	引导性政策 (ZC)	大学 (DX)	城镇化率 (CS)
地区生产总值 (GDP)	1	0.622	0.221	0.925	0.560	0.242
环境质量 (HJ)	0.622	1	-0.356	0.709	0.148	-0.049
工资水平 (GZ)	0.221	-0.356	1	-0.047	0.489	0.604
引导性政策 (ZC)	0.925	0.709	-0.047	1	0.414	0.046
大学数量 (DX)	0.560	0.148	0.489	0.414	1	0.186
城镇化率 (CS)	0.242	-0.049	0.604	0.045	0.186	1

表 7 多重共线性检验

变量	VIF 值
地区生产总值 (GDP)	16.04
环境质量 (HJ)	13.24
工资水平 (GZ)	3.80
引导性政策 (ZC)	2.92
大学数量 (DX)	2.00
城镇化率 (CS)	1.85
VIF 均值	6.64

2.4 结果分析

2.4.1 面板数据单位根检验

面板数据分位数回归的应用条件是各变量平稳或是存在协整关系。检验面板数据平稳性的标准方法是单位根检验，常用的面板数据单位根检验方法有 PP 检验、IPS 检验、HT 检验等。本文同时采用这三种方法进行检验，结果如表 8 所示。由于不同检验方法的原理不同，其结果也各不相同。本文以三种方法的检验结果一致为准，这样更加具有说服力。经检验，一阶差分后的所有对数变量都是平稳的。

2.4.2 面板数据协整检验

由于一些对数变量是不稳定的，需要进一步进行协整检验来确定模型中的对数变量是否存在协整关系。常用的面板数据协

整检验方法有 Kao 检验、Pedroni 检验和 Westerhund 检验。本文采用这三种方法进行检验，最大滞后阶数为 3，结果如表 9 所示。研究发现，二者之间存在协整关系。

2.4.3 绿色住宅驱动对策面板数据分位数回归

为了分析各因素对绿色住宅发展水平的驱动作用，将绿色住宅总量水平分为 5 个分位点，利用面板数据分位数回归进行估计。据回归结果可知，分位点从小到大的变化表示绿色住宅发展水平由低到高的演进。通过比较各驱动因素系数的变化可以观察各因素对绿色住宅发展水平的驱动作用如何随着绿色住宅发展水平的增大而发生变化，进而对不同绿色住宅发展水平的地区进行有针对性的对策研究。

表 8 面板单位根检验结果

变量	PP 检验值	IPS 检验值	HT 检验值	检验结果
log (Num)	94.802***	-1.836**	0.533***	平稳
log (GDP)	256.126***	-1.787**	0.357***	平稳
log (HJ)	59.033	-0.990	0.739	不平稳
log (GZ)	324.431***	-2.596***	0.165***	平稳
ZC	429.634***	-3.703***	0***	平稳
log (DX)	77.132	-0.903	0.68	不平稳
log (CS)	121.292***	-1.186***	0.682	不平稳
Δ log (Num)	265.691***	-2.371***	-0.272***	平稳
Δ log (GDP)	298.803***	-3.145***	0.130***	平稳
Δ log (HJ)	109.533***	-1.825***	-0.194***	平稳
Δ log (GZ)	573.467***	-4.788***	0.014***	平稳
Δ ZC	337.4338***	-2.6726***	0***	平稳
Δ log (DX)	320.1785***	-2.5508***	-0.0241***	平稳
Δ log (CS)	654.9348***	-5.1843***	0.0372***	平稳

表 9 面板数据协整检验结果

检验方法	统计量名	统计量值
Kao 检验	DF	3.519***
Pedroni 检验	V-Statistic	-9.500***

	ADF-Statistic	-55.120***
	PP-Statistic	-21.898***
Westerhund 检验	Variance ratio	4.256***

本文运用 Eviews8 软件进行分位数回归，将 Bootstrapping 的重复次数设为 10101 次，回归结果如表 10 所示。为比较不同分位点回归估计结果，表 9 还给出了固定效应回归模型的估计结果。该模型拟合值 R^2 为 0.5~0.6，表明模型总体拟合性较好。

地区生产总值对绿色住宅发展具有显著正向影响。在所有驱动因素中，地区生产总值影响系数最高，表明经济发展水平对绿色住宅具有重要影响。地区生产总值影响系数随绿色住宅发展条件分位点的提高而逐渐增大，因此在绿色住宅总量水平高的地区，经济发展水平的驱动作用更显著。

工资水平对绿色住宅发展在较高分位点具有显著正向影响，且随着条件分位点的提高，影响系数逐渐加大。在 0.1 和 0.25 分位点时，工资水平对绿色住宅发展的影响不显著，说明在绿色住宅总量水平低的地区，工资水平影响不显著，而在绿色住宅发展水平高的地区，工资水平是重要的驱动因素。

政策对绿色住宅发展在条件分位点 0.25、0.5 和 0.75 时具有显著正向影响，而对绿色住宅发展在条件分位点 0.1 和 0.9 时影响不显著，说明政策对绿色住宅发展特别好和特别差的地区的影响不明显，而对绿色住宅发展水平处于中游的地区具有显著影响。

高等院校数量对低分位点绿色住宅发展影响不显著，在高分位点时具有显著正向影响。高等院校数量在条件分位点为 0.5 时的系数最高，说明高等院校数量对绿色住宅发展处于中间水平的地区影响最大。

表 10 分位数回归结果

解释变量	OLS	0.1	0.25	0.5	0.75	0.9
log (GDP)	20.31 (10.26)	7.851** (3.787)	9.957*** (3.528)	10.59** (4.122)	13.27*** (1.705)	12.72*** (3.567)
log (HJ)	14.79*** (2.993)	0.974 (1.300)	0.493 (1.332)	2.987** (1.450)	2.811*** (0.648)	2.354* (1.200)
log (GZ)	12.12 (7.912)	0.620 (5.244)	1.822 (3.647)	12.92*** (4.315)	14.94*** (1.802)	13.54*** (3.523)
ZC	0.557** (0.0193)	0.364 (0.221)	0.534** (0.239)	0.624** (0.276)	0.631*** (0.124)	0.223 (0.186)
log (DX)	-8.492 (5.001)	0.204 (0.714)	0.446 (0.533)	1.168** (0.581)	1.637*** (0.238)	1.298* (0.715)
log (CS)	-0.384 (2.675)	-0.423 (0.624)	-0.785 (0.567)	-1.415** (0.652)	-2.387*** (0.289)	-2.235*** (0.677)
Cons	-0.223*** (0.057)	-0.055** (0.027)	-0.070*** (0.021)	-0.152*** (0.024)	-0.174*** (0.010)	-0.155*** (0.677)
R^2	0.606	0.52	0.55	0.59	0.60	0.61

城镇化率对绿色住宅发展在不同条件分位点的影响不一致。城镇化率对绿色住宅发展在条件分位点 0.5、0.75 和 0.9 时具

有显著的负向影响，且随着分位点的提高，城镇化率系数负值逐渐增大，说明城镇化率对绿色住宅发展好的地区的负向影响越大。

环境质量对绿色住宅发展在中间和高分位点时具有显著正向影响，而在低分位点时影响不显著。

3 结论与建议

本文以 2008—2016 年我国 31 个省份为研究对象，首先通过时间和空间对各省份绿色住宅的空间分异和区域不均衡性进行了分析，之后通过选取经济基础、政策规制环境、文化教育水平和生态文明建设四个方面影响绿色住宅分布的驱动因素，采用分位数回归方法分析其对绿色住宅发展不同分位点的影响，得到如下结论：

(1) 从时间上看，2008—2016 年绿色住宅发展增速明显，一定程度表明自 2008 年绿色建筑标识设立以来，中央政府出台的一系列政策（《“十二五”绿色建筑和绿色生态城区发展规划》等）有利促进了绿色住宅的发展。从空间上看，各地区绿色住宅发展差异明显，但有均衡趋势。四大区域间及区域内部绿色住宅发展差异随时间变化呈“先增后减”的趋势，东部地区绿色住宅发展水平明显高于中西部与东北部地区。计算绿色住宅发展水平的标准差椭圆可知：①重心轨迹呈先北移后南移的定律，②绿色住宅分布范围不断扩大，③绿色住宅分布呈东北—西南格局，④绿色住宅发展方向性有所减弱。

(2) 地区生产总值对绿色住宅发展具有显著正向影响。工资水平对绿色住宅发展在较高分位点具有显著正向影响，在低分位点对绿色住宅发展的影响不显著。Kok 等^[7]的研究表明，工资水平高的地区会有更多的绿色住宅。但本研究发现，绿色住宅发展水平低的地区，工资水平不再是影响绿色住宅发展的主要驱动因素，该地是否发展绿色住宅还受工资水平以外因素的影响。政策对绿色住宅发展在条件分位点 0.25、0.5 和 0.75 时具有显著正向影响。Choi & Miller^[10]的研究表明，公共政策促进了绿色住宅的发展。而本研究发现，当地区绿色住宅发展水平较低或较高时，政策不再是主要的驱动因素。城镇化率对绿色住宅发展在条件分位点 0.5、0.75 和 0.9 时具有显著的负向影响，本文城镇化率用当地城镇人口与当地总人口的比例衡量，通过观察各省份数据显示，天津、辽宁、内蒙古、黑龙江 4 个城镇化率较高的地区绿色住宅总量水平较低，其主要原因是受经济、政策以及人口数量的影响较大。环境质量对绿色住宅发展在高分位点具有显著正向影响，而当绿色住宅发展处于低分位点时，环境质量的影响不显著。黄城志^[14]的研究发现，生态环境的优劣直接影响着整个区域绿色建筑的实施与推广。但本研究发现，在绿色住宅发展水平低的地区，环境质量不是影响绿色住宅发展的主要驱动因素，该地绿色住宅的发展还受经济、政策等因素的影响。

根据以上研究结果，对我国绿色住宅的发展提出如下建议：①对于绿色住宅发展水平较低的地区，应大力发展经济。较高的经济水平可激发更多的竞争和创新需求，也能产生更丰富的市场层级，使得绿色住宅产生的可能性和必要性增大。引导性政策是绿色住宅发展的重要驱动因素，加大政策扶持力度可以更好地促进绿色住宅的发展。②工资水平和环境质量对绿色住宅发展在高分位点时具有显著影响，而对于低分位点无显著影响，说明绿色住宅发展水平较高的地区可以通过提高当地人均收入、改善环境质量促进绿色住宅发展，而发展水平低的地区可通过以上其他途径促进绿色住宅的发展。另外，在政府条件允许的情况下，还可以适度增加高等院校数量，为绿色住宅发展创造良好条件。③顺应新型城镇化理念，在经济和政策支持下，促进城镇化与绿色住宅协调发展。

参考文献：

[1] 王莹，张路平. 绿色住宅市场激励政策优化仿真研究——以西安市为例[J]. 系统工程，2018(5)：37-46.

[2] Zou Y H, Zhao W X, Zhong R J. The spatial distribution of green buildings in China: Regional imbalance, economic fundamentals, and policy incentives[J]. Applied Geography, 2017, 88: 38-47.

-
- [3]Kats G.The costs and financial benefits of green buildings:A report to California' s sustainable building task force[EB/OL]. (2013-01-12). <http://www.usgbc.org/Docs/News/News477.pdf>.
- [4]叶祖达. 中国城市绿色建筑地理分布[J]. 现代城市研究, 2012(9): 42-48.
- [5]李东红, 仇保兴, 吴志强. 中美绿色建筑发展模式及其演进特征的比较研究[J]. 城市发展研究, 2017(8): 115-124.
- [6]陈立文, 赵士雯, 张志静. 绿色建筑发展相关驱动因素研究——一个文献综述[J]. 资源开发与市场, 2018(9): 1229-1236.
- [7]Kok N, McGraw M, Quigley J M. The diffusion of energy efficiency in building[J]. The American Economic Review, 2011, 101(3): 77-82.
- [8]马辉. 绿色住宅驱动因素及调控机制研究[D]. 天津: 天津大学, 2010.
- [9]Kaza N, Lester T W, Rodriguez D. The spatio-temporal clustering of green buildings in the United States[J]. Urban Studies, 2013, 50(16): 3262-3282.
- [10]Choi E, Miller N. Explaining LEED concentration: Effects of public policy and political party[J]. Journal of Sustainable Real Estate, 2011, 3(1): 91-108.
- [11]Lefever D W. Measuring geographic concentration by means of the standard deviational ellipse[J]. American Journal of Sociology, 1926, 32(1): 88-94.
- [12]Koenker R, Bassett G Jr. Regression quantiles[J]. Econometrica, 1978, 46(1): 33-50.
- [13]阳扬. 我国绿色建筑的政策影响力研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2013.
- [14]黄城志. 试论生态环境与绿色建筑的多元性——天津中新生态城剖析与思考[J]. 城市, 2011(5): 69-71.